

Over ontwikkeling van
het adolescentie brein en gedrag

Brein in de groei

BIOWETENSCHAPPEN EN MAATSCHAPPIJ KWARTAAL 1 2019



De ontwikkeling van een brein

Bij de geboorte zijn bijna al onze zenuwcellen al aanwezig, maar het brein is dan nog lang niet klaar. Direct na de geboorte vindt een enorme groei-explosie plaats. Zenuwcellen vormen miljarden korte en lange uitlopers die verbindingen vormen. Dit is de basis voor het vastleggen van nieuwe vaardigheden, kennis en ervaringen. Een deel van die verbindingen verdwijnt weer wanneer ze niet gebruikt worden. Dit proces is afhankelijk van de omgeving waarin iemand opgroeit. Deze ontwikkeling of rijping van de hersenen gaat door tot gemiddeld 22 jaar. Maar hoe gaat de hersenontwikkeling precies in zijn werk? Zijn er kritische perioden voor het leren van bijvoorbeeld taal of zien? En hoe zijn onze hersenen eigenlijk opgebouwd?

De basis: hersencellen, grijze en witte stof

■ DR. LEX WIJNROKS

DE HERSENEN bestaan uit twee type cellen: zenuwcellen en gliacellen. Zenuwcellen ofwel neuronen zijn in een aantal opzichten bijzondere cellen. Op de eerste plaats hebben neuronen in vergelijking met de andere cellen in ons lichaam een afwijkende vorm. Een neuron bestaat uit een cellichaam met korte vertakkingen, de dendrieten, waarmee het neuron in staat is signalen te ontvangen. Ook heeft elk neuron een lange uitloper, het axon, waarmee het

signalen kan doorsturen naar andere neuronen, klieren, organen of spieren. Het axon is een soort lange draad die zich aan het eind splitst in tientallen vertakkingen waarmee het verbindingen kan leggen met andere cellen. Zo'n verbinding wordt een synaps genoemd.

Grijze stof

Elk neuron kan duizenden synaptische verbindingen hebben met andere neuronen. Omdat het volwassen brein uit ongeveer 86 miljard neuronen bestaat, is het totale netwerk aan synaptische verbindingen gigantisch (ongeveer 10.000 x 86.000.000.000). De cellichamen en de dendrieten bevinden zich voornamelijk in de buitenste laag

van de hersenen, de neocortex en in een aantal ker-
nen diep in de hersenen. Zij vormen vanwege hun
donkere kleur de grijze stof van de hersenen.

Gliacellen

De gliacellen ondersteunen de neuronen in hun
activiteit. Sommige gliacellen zorgen dat neuronen
voldoende voedingsstoffen krijgen, andere gliacel-
len ruimen de afvalproducten op van de neuronen
of verwijderen afgestorven neuronen. Er zijn ook
gliacellen die rondom het axon een vetachtig laagje
(myeline) leggen. Het myeline laagje zorgt er voor
dat de snelheid van het signaal met een factor 100
verhoogd wordt. Het heeft een lichte kleur, ofwel
de witte stof van de hersenen bestaat uit axonen
die gemyeliniseerd zijn.

Witte stof

Myelinisatie start tussen de 13de en 18de week van
de zwangerschap. Aan het eind van de zwanger-
schap zijn alle lange axonen van myeline voorzien,

maar deze laag is nog dun. Dit verandert heel snel
in de eerste paar levensjaren; de meeste axonen
zijn dan volledig gemyeliniseerd. Op hersenscans
is dit zichtbaar door een toename van de witte stof.
De toename van de hoeveelheid witte stof is niet
alleen het gevolg van myelinisatie, maar ook van
het dikker worden van de axonen. Dit laatste pro-
ces gaat nog vele jaren door, bereikt een maximum
na 40 jaar en neemt daarna pas af. De ontwikke-
ling van witte stof is afhankelijk van genetische
factoren en gevoelig voor omgevingsinvloeden
(voeding, stress, en leren), zowel tijdens de zwan-
gerschap als na de geboorte. Het is daarom ook een
plastisch proces.

Plasticiteit

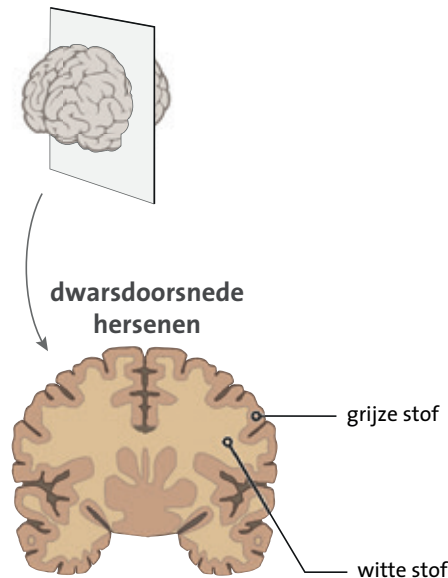
Bijzonder aan neuronen is dat zij plastisch zijn. Dat
betekent dat zij gedurende het hele leven van vorm
kunnen veranderen. Zij zijn in staat dendriten en
synaptische verbindingen terug te trekken en weer
nieuwe te laten aangroeien. Of neuronen verande-
ren hangt af van de ervaringen die iemand opdoet
en wat iemand leert. Hoe hoger de plasticiteit, des
te gemakkelijker passen de neuronen zich aan.
Dat geldt voor positieve maar ook voor negatieve
ervaringen.

Neuroplasticiteit is het grootst tussen het
tweede en vijfde levensjaar en neemt daarna geleid-
delijk af, maar verdwijnt nooit. De hersengebieden
die zich het laatst ontwikkelen blijven ook het
langst plastisch. Dat geldt vooral voor het voorste
deel van de hersenen, de prefrontale cortex.

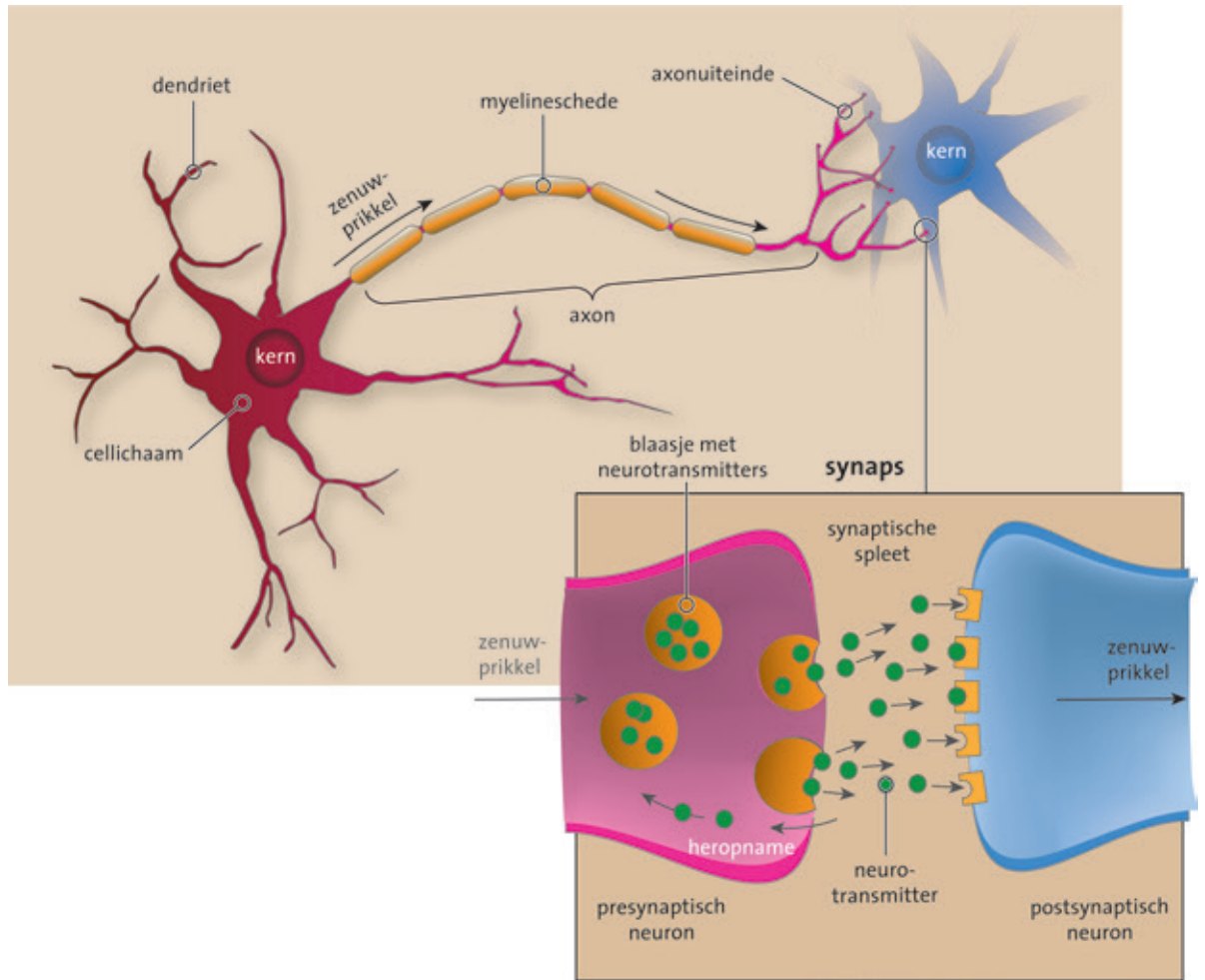
Aanleg zenuwstelsel

Drie weken na de conceptie begint de ontwikke-
ling van het zenuwstelsel. In de weken daarna tot
de 7de week van de zwangerschap worden door
een proces van celdeling nieuwe neuronen in een
tempo van ruim 250.000 per minuut geprodu-
ceerd. Deze neuronen ontwikkelen zich in een spe-
cifieke cellaag, maar blijven daar niet. Zij migreren

Witte en grijze stof. Voordat
de MRI-scans bestonden,
spraken hersenonderzoekers
al van grijze massa. Wanneer
je namelijk de hersenen van
een overledene doorsnijdt,
ziet grijze materie er
inderdaad grijs uit (in
levende hersenen is dat
roze), en witte materie wit.



Een zenuwcel of neuron bestaat uit een cellichaam met korte uitlopers, de dendrieten, en één lange uitloper: het axon. Dendrieten en axonen maken verbindingen via een synaptische ruimte. Hierin zorgen neurotransmitters, die vrijkomen uit blaasjes, voor de signaaloverdracht. Zo vormen neuronen complexe netwerken en kunnen ze met elkaar communiceren. De myelineschede rond het axon biedt isolatie, bescherming, en zorgt ervoor dat signalen alleen aan de uiteinden op een ander neuron kunnen overspringen.



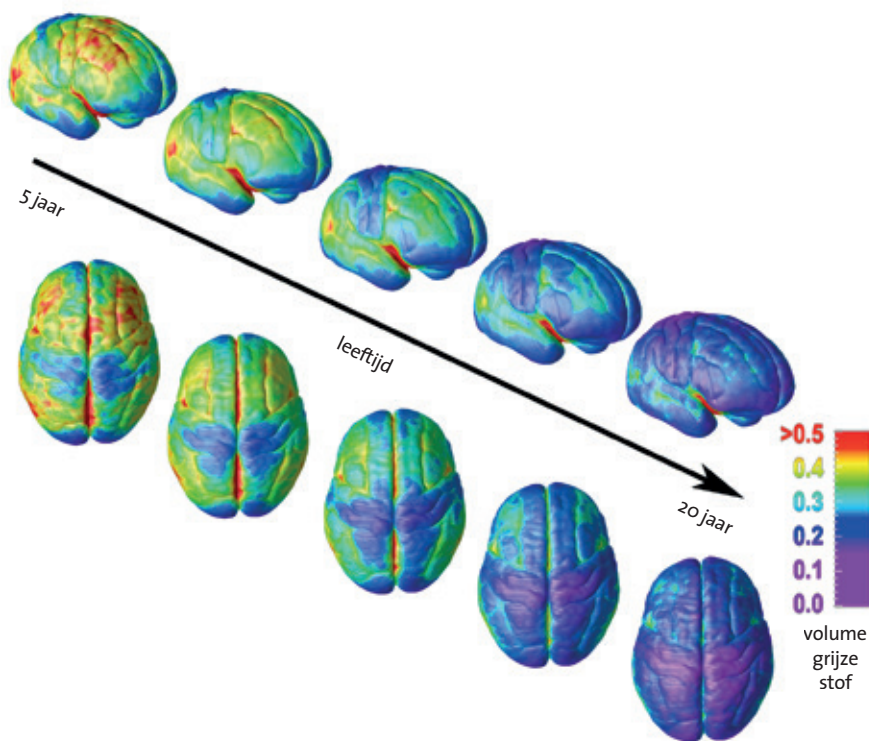
naar andere delen van het jonge zenuwstelsel, waar de verschillende hersendelen en het ruggenmerg ontstaan. Tijdens het migratieproces krijgen deze jonge neuronen hun typische vorm. Zodra de neuronen hun doelbestemming bereikt hebben leggen zij synaptische verbindingen met andere neuronen, organen of spieren.

Communiceren

Een elektrochemisch proces zorgt er voor dat neuronen met elkaar kunnen communiceren. Als een neuron signalen ontvangt kan in het cellichaam

een elektrische stroom ontstaan die via het axon uitkomt aan het eind van het axon. Deze elektrische stroom wordt een actiepotentiaal genoemd. We zeggen dat het neuron 'vuurt'.

Neuronen produceren chemische stoffen, de neurotransmitters, die in kleine blaasjes verpakt zitten en heen en weer vervoerd worden door het axon. Neuronen raken elkaar niet, maar tussen het uiteinde van het axon en een dendriet van een volgend neuron zit een hele kleine ruimte. Een actiepotentiaal zorgt ervoor dat neurotransmitters vrijkomen in deze ruimte. De neurotransmitters



Hersenerijping van 5 tot 20 jaar. Door het groei- en snoeiproces verandert de hoeveelheid grijze stof. Hoe paarser, hoe minder grijze stof op deze plek in de hersenen aanwezig is.

hechten zich aan het oppervlak van de dendriet van het andere neuron waarmee het een synaps vormt. Het oppervlak bestaat uit kleine holtes, de receptoren, waar de neurotransmitters precies inpassen. Voor elk type neurotransmitter is er een passende receptor.

Hoewel er vele typen neurotransmitters bestaan, hebben ze meestal een activerende of een remmende werking. Activerend betekent dat de kans vergroot is dat het signaal wordt doorgestuurd en remmend wil zeggen dat het waarschijnlijk geblokkeerd wordt. Neuronen worden geactiveerd door binnenkomende signalen, zoals visuele, auditieve, en tactiele prikkels. Maar remmende effecten zijn ook belangrijk omdat daarmee voorkomen wordt dat bijvoorbeeld op elke prikkel gereageerd wordt.

Groeien en snoeien

Het leggen van succesvolle verbindingen is essentieel voor de overleving van een neuron. Neuronen maken met hun axon verbindingen met neuronen die vlak bij zijn, maar sommige maken ook contacten met de neuronen in hersengebieden die veel verder weg liggen. Dit soort axonen vormen lange bundels die de hersengebieden in staat stellen met elkaar te communiceren.

Direct na de geboorte ontstaat een ware explosie van synaptische verbindingen, omdat neuronen meer dendrietten en axonvertakkingen gaan vormen. In het begin zijn deze verbindingen nog zwak, maar wanneer zij steeds opnieuw geactiveerd worden, zullen zij in sterkte toenemen. Verbindingen die niet gebruikt worden, trekken zich terug. Dat laatste proces wordt ook wel synapseliminatie of *pruning* (letterlijk 'snoeien') genoemd. Dit groei-en-snoeiproces van synaptische verbindingen is een normaal ontwikkelingsproces en gebeurt in ieder hersengebied op een ander moment. Op hersenscans is dat zichtbaar door een toename van de hoeveelheid grijze stof gedurende de eerste levensjaren, met een piek in de kindertijd en een afname tijdens de adolescentie. Het snoeiproces zorgt er voor dat de hersenen steeds efficiënter informatie verwerken, minder energie vragen en dat bepaalde hersengebieden zich specialiseren.

In de hersengebieden die prikkels ontvangen van de zintuigen of informatie doorsturen naar de spieren voltrekt dat groei-snoeiproces zich in de eerste levensjaren. In de hersengebieden die informatie integreren, de associatiegebieden, gebeurt dat later. Het laatste gebied dat aan de beurt is, is de prefrontale cortex. Dit hersengebied stelt ons in staat om plannen te maken en uit te voeren en om verleidingen te weerstaan. Omdat dit gebied zich in de adolescentie nog verder ontwikkelt en pas volledig rijp is rond het vijfentwintigste levensjaar, blijft het nog lang gevoelig voor omgevingsinvloeden.